

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-185787

(43)Date of publication of application : 06.07.2001

(51)Int.Cl.

H01S 3/06

H01S 3/30

(21)Application number : 11-367572

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 24.12.1999

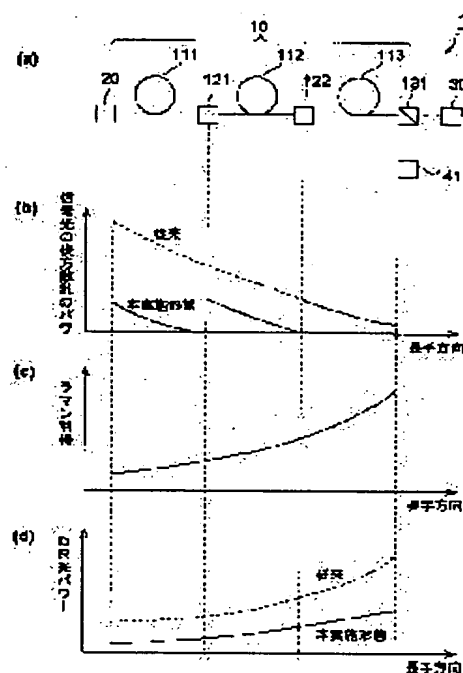
(72)Inventor : OKUNO TOSHIAKI

## (54) DISTRIBUTION RAMAN AMPLIFIER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a distribution Raman amplifier and an optical communication system for suppressing the deterioration of light S/N even when an excitation light power is increased.

SOLUTION: An optical fiber transmission path is constituted of optical fibers 111-113 so that signal lights transmitted from a transmitter 20 can be propagated to receiver 30, and excitation lights are transmitted from an excitation light source 141, and supplied through a multiplexer 131 so that the signal lights can be Raman amplified. When the signal lights are propagated through the optical fiber transmission path, the signal lights are Rayleigh-scattered, and backward scattered lights are generated. Also, when the backward scattered lights are Rayleigh scattered, DR lights to be propagated in the same direction as that in which the signal lights are propagated are generated. Each backward scattered light removing part 121 and 122 allows the excitation lights to pass, and allows the signal lights propagated in the forward direction to pass, and interrupts the backward scattered lights propagated in the opposite direction.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-185787

(P 2001-185787 A)

(43) 公開日 平成13年7月6日 (2001. 7. 6)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 S 3/06

H 0 1 S 3/06

B 5F072

3/30

3/30

Z

審査請求 未請求 請求項の数 6

O L

(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-367572

(22) 出願日 平成11年12月24日 (1999. 12. 24)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 奥野 俊明

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

F ターム (参考) 5F072 AB07 AK06 JJ20 KK07 KK30

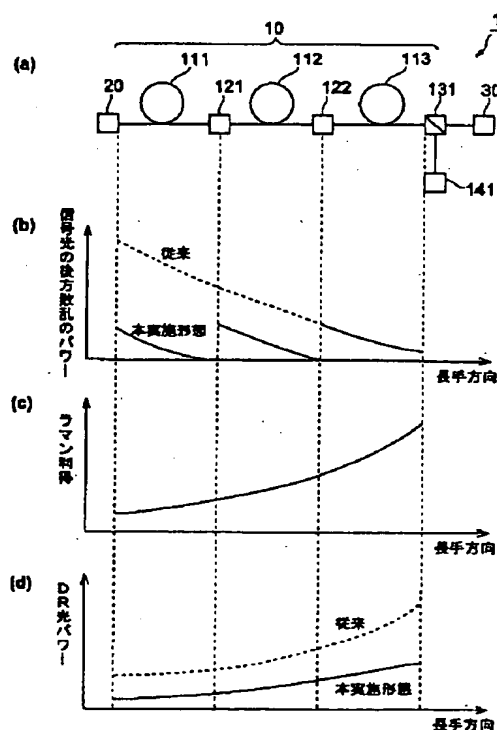
RR01 YY17

(54) 【発明の名称】 分布ラマン増幅器

(57) 【要約】

【課題】 励起光パワーを大きくしても光 S/N 比の劣化を抑制することができる分布ラマン増幅器および光通信システムを提供する

【解決手段】 光ファイバ 111~113 は、光ファイバ伝送路を構成しており、送信器 20 から送出された信号光を受信器 30 へ向けて伝搬させるとともに、励起光源 141 から送出され合波器 131 を経て励起光が供給されることにより信号光をラマン増幅する。信号光が光ファイバ伝送路を伝搬する際にレーリ散乱することにより、後方散乱光が生じる。また、後方散乱光がレーリ散乱することにより、信号光が伝搬する方向と同じ方向に伝搬する DR 光が生じる。後方散乱光除去部 121 および 122 それぞれは、励起光を通過させ、順方向に進む信号光を通過させ、逆方向に進む後方散乱光を遮断する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 信号光を伝搬させるとともに、励起光が供給されることにより前記信号光をラマン増幅する光ファイバ伝送路と、

前記励起光を前記光ファイバ伝送路に供給する励起光供給手段と、

前記光ファイバ伝送路上に設けられ、前記信号光および前記励起光を通過させ、前記信号光の後方散乱光を遮断する後方散乱光除去部とを備えることを特徴とする分布ラマン増幅器。

【請求項 2】 前記励起光供給手段は、前記信号光が伝搬する方向とは逆の方向に伝搬するよう前記励起光を前記光ファイバ伝送路に供給することを特徴とする請求項 1 記載の分布ラマン増幅器。

【請求項 3】 前記後方散乱光除去部は、前記光ファイバ伝送路から第 1 ポートに入力した前記信号光および前記励起光を分波して、前記信号光を第 2 ポートに出力し、前記励起光を第 3 ポートに出力する第 1 の合分波器と、

前記光ファイバ伝送路から第 1 ポートに入力した前記信号光および前記励起光を分波して、前記信号光を第 2 ポートに出力し、前記励起光を第 3 ポートに出力する第 2 の合分波器と、

前記第 1 の合分波器の第 2 ポートと前記第 2 の合分波器の第 2 ポートとの間の光路上に設けられ、前記信号光を一方向にのみ伝搬させる光アイソレータとを備え、

前記第 1 の合分波器の第 3 ポートと前記第 2 の合分波器の第 3 ポートとが接続されていることを特徴とする請求項 2 記載の分布ラマン増幅器。

【請求項 4】 前記後方散乱光除去部は、前記光ファイバ伝送路から第 1 ポートに入力した光を第 2 ポートに出力し、前記光ファイバ伝送路から前記第 2 ポートに入力した光を第 3 ポートに出力し、前記第 3 ポートに入力した光を前記第 1 ポートに出力する光サーキュレータと、

前記光サーキュレータの前記第 3 ポートに接続され、前記励起光を反射させ前記後方散乱光を透過させる波長選択型反射フィルタとを備えることを特徴とする請求項 2 記載の分布ラマン増幅器。

【請求項 5】 前記波長選択型反射フィルタは、光ファイバの光導波領域に屈折率変調が形成された光ファイバグレーティングであることを特徴とする請求項 4 記載の分布ラマン増幅器。

【請求項 6】 信号光を送出する送信器と、前記送信器から送出された前記信号光を伝搬させるとともに、励起光が供給されることにより前記信号光をラマン増幅する光ファイバ伝送路と、前記光ファイバ伝送路を伝搬してきて到達した前記信号光を受信する受信器と、前記励起光を前記光ファイバ伝送路に供給する励起光供

給手段と、

前記光ファイバ伝送路上に設けられ、前記励起光を通過させ前記信号光の後方散乱光を遮断する後方散乱光除去部とを備えることを特徴とする光通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ伝送路に信号光を伝搬させつつ該信号光をラマン増幅する分布ラマン増幅器、および、この分布ラマン増幅器を含む光通信システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】光ファイバ増幅器は、光通信システムにおいて信号光が光ファイバ伝送路を伝搬する際の損失を補償すべく信号光を光増幅するものであり、光増幅用光ファイバおよび励起光供給手段を備えている。すなわち、励起光供給手段により光増幅用光ファイバに所定波長の励起光が供給され、この光増幅用光ファイバに信号光が入力すると、この入力した信号光は光増幅用光ファイバにおいて光増幅されて出力される。また、このような光ファイバ増幅器として、希土類元素が光導波領域に添加された光ファイバを光増幅用光ファイバとして用いるもの（以下「希土類添加光ファイバ増幅器」という。）の他、ラマン増幅を利用するもの（以下「分布ラマン増幅器」という。）がある。

【0003】分布ラマン増幅器は、比較的長距離の光ファイバ伝送路に信号光を伝搬させつつ、この光ファイバ伝送路に励起光を供給して、信号光を光増幅するものである。この分布ラマン増幅器は、希土類添加光ファイバ増幅器のような集中定数型光増幅器と比較して、光ファイバ伝送路の全体に亘って信号光のパワーの変化を小さくすることができ、非線形光学現象の発生を抑制しつつ、受信端で十分なパワーの信号光を受信することができるものとして期待されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、光ファイバ伝送路においては、信号光のレーリ散乱に因り後方散乱光が生じ、更に、この後方散乱光のレーリ散乱に因り DR (Double Reflection) 光が生じる。この DR 光は、信号光が伝搬する方向と同じ方向に伝搬し、しかも、波長が同一である。したがって、受信端に信号光だけでなく DR 光も到達すると、光 S/N 比が悪くなる。

【0005】特に、光ファイバ伝送路において信号光をラマン増幅する分布ラマン増幅器を用いた場合には、ラマン増幅された信号光だけでなくラマン増幅された DR 光も受信端に到達することから、特に光 S/N 比が悪くなる（例えば、文献「P. B. Hansen, et al., "Rayleigh Scattering Limitations in Distributed Raman Pre-Amplifiers", IEEE Photon. Technical. Lett., Vol. 10, No. 1, pp. 159-161 (1998)」を参照）。これは、励起光パワーが或る値以上となると顕著に現れるが、この光 S

／N比限界から入力できる励起光パワーが頭打ちになり、所望の信号光パワーが得られなくなることが起こり得る。

【0006】本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、励起光パワーを大きくしても光S／N比の劣化を抑制することができる分布ラマン増幅器、および、この分布ラマン増幅器を含む光通信システムを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係る分布ラマン増幅器は、(1) 信号光を伝搬させるとともに、励起光が供給されることにより信号光をラマン増幅する光ファイバ伝送路と、(2) 励起光を光ファイバ伝送路に供給する励起光供給手段と、(3) 光ファイバ伝送路上に設けられ、信号光および励起光を通過させ、信号光の後方散乱光を遮断する後方散乱光除去部とを備えることを特徴とする。この分布ラマン増幅器によれば、励起光が光ファイバ伝送路に励起光供給手段により供給され、信号光は光ファイバ伝送路を伝搬する際にラマン増幅される。信号光が光ファイバ伝送路を伝搬する際に後方散乱光が生じ得るが、この後方散乱光は、光ファイバ伝送路上に設けられた後方散乱光除去部により遮断され、後方散乱光除去部より更に上流側に伝搬していくことがない。したがって、DR光のパワーが大きくなることなく、励起光パワーを大きくしても光S／N比の劣化を抑制することができる。

【0008】本発明に係る分布ラマン増幅器の励起光供給手段は、信号光が伝搬する方向とは逆の方向に伝搬するよう励起光を光ファイバ伝送路に供給することを特徴とする。この場合には、光ファイバ伝送路において信号光が入力する付近での非線形光学現象に因る波形劣化が抑えられ、信号光が出力する側での信号光パワーの増加が図れる。

【0009】本発明に係る分布ラマン増幅器の後方散乱光除去部は、(1) 光ファイバ伝送路から第1ポートに入力した信号光および励起光を分波して、信号光を第2ポートに出力し、励起光を第3ポートに出力する第1の合分波器と、(2) 光ファイバ伝送路から第1ポートに入力した信号光および励起光を分波して、信号光を第2ポートに出力し、励起光を第3ポートに出力する第2の合分波器と、(3) 第1の合分波器の第2ポートと第2の合分波器の第2ポートとの間の光路上に設けられ、信号光を一方方向にのみ伝搬させる光アイソレータとを備え、第1の合分波器の第3ポートと第2の合分波器の第3ポートとが接続されていることを特徴とする。この後方散乱光除去部は、順方向に進む信号光を、第1の合分波器の第1ポートから第2ポートへ通過させ、光アイソレータを通過させ、更に第2の合分波器の第2ポートから第1ポートへ通過させる。また、この後方散乱光除去部は、逆方向に進む励起光を、第2の合分波器の第1ポートから第3

ポートへ通過させ、更に第1の合分波器の第3ポートから第1ポートへ通過させる。また、この後方散乱光除去部は、逆方向に進む後方散乱光を、第2の合分波器の第1ポートから第3ポートへ通過させ、光アイソレータにより光ファイバ伝送路の上流側への伝搬を遮断する。

【0010】また、本発明に係る分布ラマン増幅器の後方散乱光除去部は、(1) 光ファイバ伝送路から第1ポートに入力した光を第2ポートに出力し、光ファイバ伝送路から第2ポートに入力した光を第3ポートに出力し、第3ポートに入力した光を第1ポートに出力する光サーキュレータと、(2) 光サーキュレータの第3ポートに接続され、励起光を反射させ後方散乱光を透過させる波長選択型反射フィルタとを備えることを特徴とする。この後方散乱光除去部は、順方向に進む信号光を、光サーキュレータの第1ポートから第2ポートへ通過させる。また、この後方散乱光除去部は、逆方向に進む励起光を、光サーキュレータの第2ポートから第3ポートへ通過させ、波長選択型反射フィルタにより反射させ、光サーキュレータの第3ポートから第2ポートへ通過させる。また、この後方散乱光除去部は、逆方向に進む後方散乱光を、光サーキュレータの第2ポートから第3ポートへ通過させ、波長選択型反射フィルタを通過させることで、第3ポートへの入力を無くし、光ファイバ伝送路の上流側への伝搬を遮断する。この波長選択型反射フィルタは、光ファイバの光導波領域に屈折率変調が形成された光ファイバグレーティングであるのが好適であり、この場合には、励起光の反射率を高くするとともに、後方散乱光の透過率を高くすることができ、しかも、所望の特性を有するものを容易に設計することができる。更に、光ファイバグレーティングを透過する光をいわゆる無反射終端とすることで、後方散乱光をより確実に除去することができる。

【0011】本発明に係る光通信システムは、(1) 信号光を送出する送信器と、(2) 送信器から送出された信号光を伝搬させるとともに、励起光が供給されることにより信号光をラマン増幅する光ファイバ伝送路と、(3) 光ファイバ伝送路を伝搬してきて到達した信号光を受信する受信器と、(4) 励起光を光ファイバ伝送路に供給する励起光供給手段と、(5) 光ファイバ伝送路上に設けられ、励起光を通過させ信号光の後方散乱光を遮断する後方散乱光除去部とを備えることを特徴とする。この光通信システムは、送信器と受信器との間に上記の分布ラマン増幅器を備えるものである。この光通信システムによれば、励起光が光ファイバ伝送路に励起光供給手段により供給され、送信器より送出された信号光は、光ファイバ伝送路を伝搬する際にラマン増幅されて、受信器に到達して受信される。信号光が光ファイバ伝送路を伝搬する際に後方散乱光が生じ得るが、この後方散乱光は、光ファイバ伝送路上に設けられた後方散乱光除去部により遮断され、後方散乱光除去部より更に上流側に伝搬して

いくことがない。したがって、DR光のパワーが大きくなることなく、励起光パワーを大きくしても、受信器で信号光を受信する際の光S/N比の劣化を抑制することができる。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0013】図1は、本実施形態に係る分布ラマン増幅器10および光通信システム1の説明図である。図1

(a)は、分布ラマン増幅器10および光通信システム1の概略構成を示す。図1(b)は、信号光の後方散乱光パワーの光ファイバ伝送路長手方向の分布を示す。図1(c)は、ラマン利得の光ファイバ伝送路長手方向の分布を示す。また、図1(d)は、DR光パワーの光ファイバ伝送路長手方向の分布を示す。

【0014】図1(a)に概略構成を示すように、この光通信システム1は、分布ラマン増幅器10、送信器20および受信器30を備えている。分布ラマン増幅器10は、光ファイバ111~113、後方散乱光除去部121、122、合波器131および励起光源141を備えている。後方散乱光除去部121は、光ファイバ111と光ファイバ112との間に設けられている。後方散乱光除去部122は、光ファイバ112と光ファイバ113との間に設けられている。合波器131は、光ファイバ113と受信器30との間に設けられており、励起光源141より出力された励起光を、信号光が伝搬する方向とは逆の方向（すなわち、受信器30から送信器20へ向かう方向）に伝搬するよう光ファイバ伝送路に供給する。なお、信号光の波長は例えば1.55 $\mu\text{m}$ であり、このとき、励起光の波長は例えば1.48 $\mu\text{m}$ である。

【0015】光ファイバ111~113は、光ファイバ伝送路を構成しており、送信器20から送出された信号光を受信器30へ向けて伝搬させるとともに、励起光源141から送出され合波器131を経て励起光が供給されることにより信号光をラマン増幅する。信号光が光ファイバ伝送路を伝搬する際にレーリ散乱することにより、後方散乱光が生じる。また、後方散乱光がレーリ散乱することにより、信号光が伝搬する方向と同じ方向に伝搬するDR光が生じる。後方散乱光除去部121および122それぞれは、励起光を通過させ、順方向に進む信号光を通過させ、逆方向に進む後方散乱光を遮断する。

【0016】これら後方散乱光除去部121および122の作用により、後方散乱光パワーは、図1(b)において実線で示すように、合波器131の位置から上流側に進むに従い大きくなっていく。しかし、後方散乱光除去部122の位置で後方散乱光パワーが殆ど無くなり、

後方散乱光除去部122の位置から上流側に進むに従い再び後方散乱光パワーが再び大きくなっていく。同様に、後方散乱光除去部121の位置で後方散乱光パワーが殆ど無くなり、後方散乱光除去部121の位置から上流側に進むに従い再び後方散乱光パワーが大きくなっていく。このとき、後方散乱光も励起光によるラマン増幅を受けるため、パワーは指数関数的に大きくなっていく。

【0017】一方、ラマン利得は、図1(c)に示すように、合波器131の位置から送信器20に進むに従い単調に小さくなっていく。なお、後方散乱光除去部121および122を設けない従来の場合の後方散乱光パワーの分布は、図1(b)中で破線で示したように、合波器131の位置から上流側に進むに従い、信号光パワーの増加とラマン増幅との双方の効果により、後方散乱光パワーが大きくなっていき、送信器20の近傍では大きな値となる。

【0018】したがって、光ファイバ伝送路上に後方散乱光除去部121および122を設けた本実施形態におけるDR光パワー（図1(d)中の実線）は、後方散乱光除去部121および122を設けない従来の場合のDR光パワー（図1(d)中の破線）と比較すると小さい値となる。

【0019】図2は、受信端での光S/N比と励起光パワーとの関係を示すグラフである。この図において、実線は、光ファイバ伝送路上に後方散乱光除去部121および122を設けた本実施形態の場合を示し、破線は、後方散乱光除去部121および122を設けない従来の場合を示す。光ファイバ伝送路に供給する励起光パワーが小さい範囲（図中で励起光パワーP<sub>0</sub>以下の範囲）では、本実施形態の場合の光S/N比は、従来の場合の光S/N比と同程度である。ただし、本実施形態において、後方散乱光除去部121および122それぞれにより励起光も損失を幾らか受けるとすれば、本実施形態の場合のラマン利得が小さくなり、本実施形態の場合の光S/N比は、従来の場合の光S/N比より僅かに小さくなる。しかし、光ファイバ伝送路に供給する励起光パワーが大きい範囲（図中で励起光パワーP<sub>0</sub>以上の範囲）では、後方散乱光除去部121および122を設けたことによるDR光の遮断の効果が大きく現れ、本実施形態の場合の光S/N比は、従来の場合の光S/N比より大きくなる。

【0020】このように本実施形態では、光ファイバ伝送路上に後方散乱光除去部121および122を設けたことにより、励起光パワーを大きくしたときに、受信端における信号光パワーを大きくすることができる一方で、DR光パワーの増大を抑制することができるので、従来の場合と比較して光S/N比が改善される。

【0021】次に、後方散乱光除去部121および122それぞれの具体的な構成について説明する。図3は、

本実施形態に係る分布ラマン増幅器10の後方散乱光除去部121の構成の1例を示す図である。後方散乱光除去部122も同様である。この図に示す後方散乱光除去部121は、第1の合分波器211、第2の合分波器212および光アイソレータ213を備える。

【0022】第1の合分波器211は、第1ポートP<sub>1</sub>、第2ポートP<sub>2</sub>および第3ポートP<sub>3</sub>を有している。合分波器211は、光ファイバ111から信号光および励起光が第1ポートP<sub>1</sub>に入力すると、これらを分波して、信号光を第2ポートP<sub>2</sub>に出力し、励起光を第3ポートP<sub>3</sub>に出力する。また、合分波器211は、信号光が第2ポートP<sub>2</sub>に入力し、励起光が第3ポートP<sub>3</sub>に入力すると、これら信号光と励起光とを合波して第1ポートP<sub>1</sub>に出力する。第2の合分波器212も同様である。光アイソレータ213は、合分波器211の第2ポートP<sub>2</sub>と合分波器212の第2ポートP<sub>2</sub>との間の光路上に設けられ、合分波器211の側から合分波器212の側へ方向にのみ信号光を伝搬させ、逆方向には大きな損失を与えて事実上信号光を伝搬させない。合分波器211の第3ポートP<sub>3</sub>と合分波器212の第3ポートP<sub>3</sub>とは接続されている。

【0023】このような後方散乱光除去部121において、送信器20より送出された信号光が光ファイバ111を経て入力すると、その信号光は、合分波器211の第1ポートP<sub>1</sub>に入力して第2ポートP<sub>2</sub>へ出力され、光アイソレータ213を透過し、合分波器212の第2ポートP<sub>2</sub>に入力して第1ポートP<sub>1</sub>へ出力され、光ファイバ112を下流へ伝搬していく。励起光源141より送出された励起光が光ファイバ112を経て入力すると、その励起光は、合分波器212の第1ポートP<sub>1</sub>に入力して第3ポートP<sub>3</sub>へ出力され、合分波器211の第3ポートP<sub>3</sub>に入力して第1ポートP<sub>1</sub>へ出力され、光ファイバ111を上流へ伝搬していく。光ファイバ112で生じた後方散乱光が光ファイバ112を経て入力すると、その後方散乱光は、合分波器212の第1ポートP<sub>1</sub>に入力して第2ポートP<sub>2</sub>へ出力されるが、光アイソレータ213により遮断されるので、光ファイバ111を上流へ伝搬していくパワーは殆どない。このように、図3に示した後方散乱光除去部121は、励起光を通過させ、順方向に進む信号光を通過させ、また、逆方向に進む後方散乱光を遮断することができる。

【0024】図4は、本実施形態に係る分布ラマン増幅器10の後方散乱光除去部121の構成の他の例を示す図である。後方散乱光除去部122も同様である。この図に示す後方散乱光除去部121は、光サーキュレータ221および波長選択型反射フィルタ222を備える。

【0025】光サーキュレータ221は、第1ポートP<sub>1</sub>、第2ポートP<sub>2</sub>および第3ポートP<sub>3</sub>を有している。第1ポートP<sub>1</sub>は光ファイバ111に接続されており、第2ポートP<sub>2</sub>は光ファイバ112に接続されている。

光サーキュレータ221は、第1ポートP<sub>1</sub>に入力した光を第2ポートP<sub>2</sub>に出力し、第2ポートP<sub>2</sub>に入力した光を第3ポートP<sub>3</sub>に出力し、第3ポートP<sub>3</sub>に入力した光を第1ポートP<sub>1</sub>に出力する。波長選択型反射フィルタ222は、光サーキュレータ221の第3ポートP<sub>3</sub>と無反射終端との間に設けられ、励起光を反射させ、信号光および後方散乱光を透過させる。この波長選択型反射フィルタ222は、光ファイバグレーティングであるのが好適であり、この場合には、励起光の反射率を高くするとともに、後方散乱光の透過率を高くすることができ、しかも、所望の特性を有するものを容易に設計することができる。

【0026】このような後方散乱光除去部121において、送信器20より送出された信号光が光ファイバ111を経て入力すると、その信号光は、光サーキュレータ221の第1ポートP<sub>1</sub>に入力して第2ポートP<sub>2</sub>へ出力され、光ファイバ112を下流へ伝搬していく。励起光源141より送出された励起光が光ファイバ112を経て入力すると、その励起光は、光サーキュレータ221の第2ポートP<sub>2</sub>に入力して第3ポートP<sub>3</sub>へ出力され、波長選択型反射フィルタ222により反射され、光サーキュレータ221の第3ポートP<sub>3</sub>に入力して第1ポートP<sub>1</sub>へ出力され、光ファイバ111を上流へ伝搬していく。光ファイバ112で生じた後方散乱光が光ファイバ112を経て入力すると、その後方散乱光は、光サーキュレータ221の第2ポートP<sub>2</sub>に入力して第3ポートP<sub>3</sub>へ出力され、波長選択型反射フィルタ222を透過して、無反射終端に達するので、光ファイバ111を上流へ伝搬していくことはない。このように、図4に示した後方散乱光除去部121は、励起光を通過させ、順方向に進む信号光を通過させ、また、逆方向に進む後方散乱光を遮断することができる。

【0027】本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、光ファイバ伝送路への励起光の供給形態は、上記実施形態では後方向励起としたが、前方向励起でもよいし、前方向励起と後方向励起とを同時に行う双方向励起であってもよい。これらの場合、前方向より供給され光ファイバ伝送路を順方向に伝搬する励起光は、後方散乱光除去部121および122それぞれを透過して、受信器30へ向けて伝搬していく。双方向励起の場合にも、図3または図4に示した構成のものが後方散乱光除去部121または122として好適に用いられる。なお、前方向励起のみの場合には、図3または図4に示した構成のものが後方散乱光除去部121または122として用いられる得ることは勿論のこと、単に光アイソレータのみで構成された後方散乱光除去部も好適に用いられ得る。

【0028】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る分布ラマン増幅器によれば、伝搬する励起光が光フ

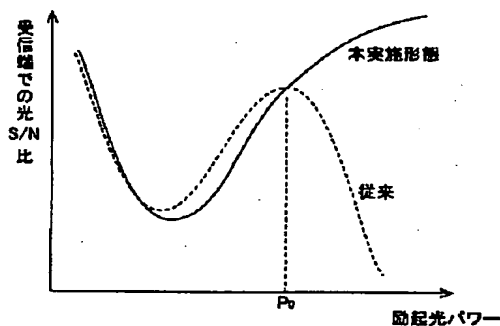
ファイバ伝送路に励起光供給手段により供給され、信号光は光ファイバ伝送路を伝搬する際にラマン増幅される。信号光が光ファイバ伝送路を伝搬する際に後方散乱光が生じ得るが、この後方散乱光は、光ファイバ伝送路上に設けられた後方散乱光除去部により遮断され、後方散乱光除去部より更に上流側に伝搬していくことがない。したがって、DR光のパワーが大きくなることなく、励起光パワーを大きくしても光S/N比の劣化を抑制することができる。

【0029】本発明に係る分布ラマン増幅器の励起光供給手段は信号光が伝搬する方向とは逆の方向に伝搬するよう励起光を光ファイバ伝送路に供給する場合には、光ファイバ伝送路において信号光が入力する付近での非線形光学現象に因る波形劣化が抑えられ、信号光が出力する側での信号光パワーの増加が図れる。

【0030】本発明に係る分布ラマン増幅器の後方散乱光除去部は、第1の合分波器と第2の合分波器との間に光アイソレータを備える構成とするのが好適であり、また、光サーキュレータおよび波長選択型反射フィルタを備える構成とするのも好適である。これら何れの場合にも、順方向に信号光を伝搬させ、励起光をも伝搬させるが、後方散乱光の伝搬を遮断する上で好適である。この波長選択型反射フィルタは、光ファイバの光導波領域に屈折率変調が形成された光ファイバグレーティングであるのが好適であり、この場合には、励起光の反射率を高くするとともに、後方散乱光の透過率を高くすることができ、しかも、所望の特性を有するものを容易に設計することができる。

【0031】本発明に係る光通信システムは、送信器と

【図2】



受信器との間に上記の分布ラマン増幅器を備えるものである。この光通信システムによれば、信号光の伝搬方向と同一または逆の方向に伝搬する励起光が光ファイバ伝送路に励起光供給手段により供給され、送信器より送出された信号光は、光ファイバ伝送路を伝搬する際にラマン増幅されて、受信器に到達して受信される。信号光が光ファイバ伝送路を伝搬する際に後方散乱光が生じ得るが、この後方散乱光は、光ファイバ伝送路上に設けられた後方散乱光除去部により遮断され、後方散乱光除去部より更に上流側に伝搬していくことがない。したがって、DR光のパワーが大きくなることなく、励起光パワーを大きくしても、受信器で信号光を受信する際の光S/N比の劣化を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係る分布ラマン増幅器および光通信システムの説明図である。

【図2】受信端での光S/N比と励起光パワーとの関係を示すグラフである。

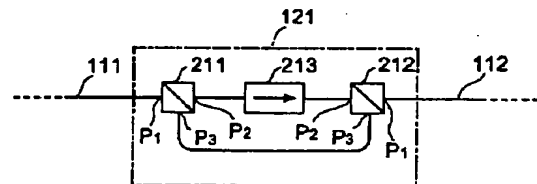
【図3】本実施形態に係る分布ラマン増幅器の後方散乱光除去部の構成の1例を示す図である。

【図4】本実施形態に係る分布ラマン増幅器の後方散乱光除去部の構成の他の例を示す図である。

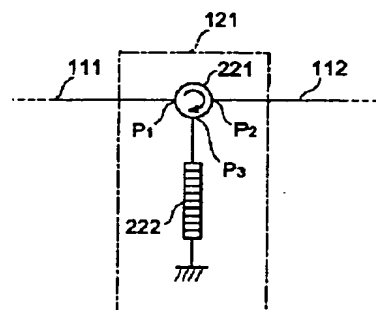
【符号の説明】

1…光通信システム、10…分布ラマン増幅器、20…送信器、30…受信器、111～113…光ファイバ、121、122…後方散乱光除去部、131…合波器、141…励起光源、211、212…合分波器、213…光アイソレータ、221…光サーキュレータ、222…波長選択型反射フィルタ。

【図3】



【図4】





【図1】

